UNIVERZITET U BEOGRADU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
ИМК INSTITUT ZA MATERIJALE I KONSTRUKCIJE
Laboratorija za materijale
Telefon (011) 33-70-152; (011) 33-70-097
Telefaks (011) 33-70-253
e-mail: office@imk.grf.bg.ac.rs
Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd

IZVEŠTAJ - br. 034/2013

O ISPITIVANJU NOVIH ELEMENATA ALUMINIJUMSKE POTKONSTRUKCIJE ZA VENTILISANU KAMENU FASADU SISTEMA "TABAŠ"

Naručilac ispitivanja / Investitor	**TABAŠ d.o.o,** Trajka Rajkovića 3 11070 NOVI BEOGRAD
Predmet ispitivanja	Analiza nosivosti i ispitivanje novih elemenata aluminijumske potkonstrukcije za ventilisanu kamenu fasadu sistema "Tabaš" za kamene ploče debljine d = 20 mm i d = 30 mm
Broj ugovora / ponude	Ponuda br. 131179/2-13 od 16.01.2013.

Izveštaj odobrio

Tehnički rukovodilac Laboratorije:

Doc. dr Dimitrije Zakić, dipl.inž.građ.

UPRAVNIK INSTITUTA

Prof. dr Boško Stevanović, dipl.inž.građ.

DEKAN GRAĐEVINSKOG FAKULTETA

Prof. dr Dušan Najdanović, dipl.inž.građ.

S A D R Ž A J

N A S L O V N A S T R A N A 1

Potvrda 3

I Z V E Š T A J 4

1. Opšti podaci..... 4
2. Rezultati ispitivanja legure aluminijuma AW6063 5
3. Nosivost vertikalnog (primarnog) elementa potkonstrukcije tipa TV/2 5
4. Nosivost horizontalnih elemenata potkonstrukcije 6
5. Ispitivanje sklopa (spoja) dva nosača tipa TAp pod uglom od 90º 10
6. Zaključak 13

PRILOG 15

Na osnovu Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik Republike Srbije", br. 72/09) izdaje se

P O T V R D A

Da su saradnici Instituta za materijale i konstrukcije, zaposleni na Građevinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu

Odgovorni nosilac zadatka: Doc. dr Dimitrije Zakić, dipl.inž.građ. _____

Izvršioci ispitivanja:

Savo Stavnjak, laborant _____

Analiza i zaključak: Doc. dr Dimitrije Zakić, dipl.inž.građ. _____

izradili TEHNIČKU DOKUMENTACIJU pod nazivom:

I Z V E Š T A J - br. 034/2013

O ISPITIVANJU NOVIH ELEMENATA ALUMINIJUMSKE POTKONSTRUKCIJE ZA VENTILISANU KAMENU FASADU SISTEMA "TABAŠ"

Navedena dokumentacija je izrađena u skladu sa zahtevom Naručioca i odredbama pomenutog Zakona. Za stručnog konsultanta prilikom izrade predmetne dokumentacije određuje se:

Prof. dr Mihailo Muravljov, dipl.građ.inž.

Beograd, april 2013.

UPRAVNIK INSTITUTA

Prof. dr Boško Stevanović, dipl.inž.građ.

DEKAN GRAĐEVINSKOG FAKULTETA

Prof. dr Dušan Najdanović, dipl.inž.građ.

I Z V E Š T A J

1. OPŠTI PODACI

Na osnovu zahteva Naručioca – firme Tabaš d.o.o. iz Beograda (naš br. 131179/13 od 25.12.2012. godine), izvršeno je ispitivanje novih elemenata aluminijumske potkonstrukcije ventilisane kamene fasade sistema "Tabaš". S tim u vezi, ovaj *Izveštaj* u stvari predstavlja nastavak ispitivanja predmetnog sistema od strane Građevinskog fakulteta - Instituta za materijale i konstrukcije, Beograd (videti prethodne izveštaje br. 23/2010 i 35/2010).

Izveštaj sadrži rezultate i zaključke eksperimentalnih ispitivanja novih elemenata predmetnog sistema, kao i odgovarajuće računske analize, a sve saglasno usvojenom programu koji je predvideo sledeće:

1. - ispitivanje osnovnih fizičko-mehaničkih karakteristika materijala - aluminijuma (legura AW 6063 T6) od koga je izrađen vertikalni (primarni) element potkonstrukcije tipa TV/2;

2. - ispitivanje nosivosti vertikalnog (primarnog) elementa potkonstrukcije tipa TV/2;

3. - ispitivanje nosivosti horizontalnih (sekundarnih) elemenata konstrukcije tipa TH1/2, TH2/2 i TH3/2 - izrađenih od legure AW 6063 T6, na dejstvo vertikalnog i horizontalnog opterećenja;

4. - ispitivanje sklopa (spoja) dva nosača tipa TAp pod uglom od 90^o;

5. - ispitivanje osnovnih fizičko-mehaničkih karakteristika materijala - aluminijuma (legura AW 6082 T6) od koga je izrađen novi L-profil tipa TNp;

6. - ispitivanje nosivosti novog L-profila tipa TNp;

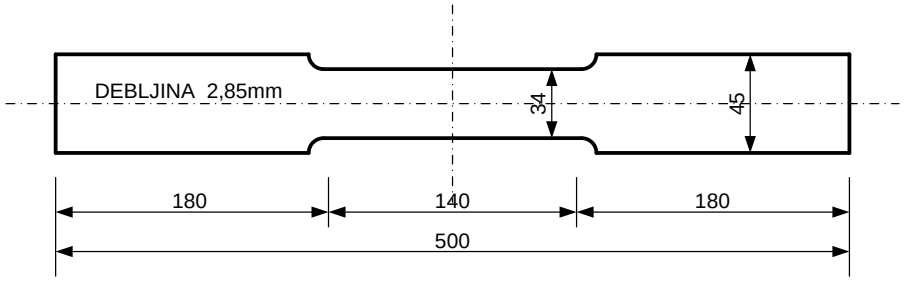
7. - izradu izveštaja o izvršenim ispitivanjima sa stručnim mišljenjem o nosivosti ispitanih elemenata ventilisane kamene fasade sistema "Tabaš", za kamene ploče debljine d=2cm i d=3cm.

Ovde se napominje da u okviru ovog izveštaja neće biti prikazani rezultati ispitivanja pod 5. i 6.; ovi rezultati će se dati docnije - u okviru posebnog izveštaja o ispitivanju. Stoga izveštaj o ispitivanju koji će biti prezentiran u okviru narednog teksta treba shvatiti kao *osnovni izveštaj - Izveštaj 1*., dok će nakon tog izveštaja, a po okončanju predviđenih ispitivanja, slediti i *dodatni izveštaj - Izveštaj 2*. - koji će sadržati rezultate ispitivanja koji se odnose na tačke 5. i 6. Osim navedenih rezultata, u okviru dotatnog izveštaja daće se i stručno mišljenje o rezultatima sprovedenih ispitivanja, kao i odgovarajući zaključci.

Takođe, napominje se da će pri realizaciji napred navedenog programa ispitivanja i pratećih računskih analiza biti korišćen *Statički proračun aluminijumske potkonstrukcije "Tabaš" za ventilisanu kamenu fasadu objekta spratne visine 4500.0 mm, kamen debljine 20.0 mm, visina ploča 800.0 mm,* potpisan od strane Aleksandra Trajkovića, dipl.inž.građ. licenca broj 310 1127 03 (proračun: Beograd, decembar 2012. godine).

2. REZULTATI ISPITIVANJA LEGURE ALUMINIJUMA AW 6063

Ispitivanje osnovnih fizičko-mehaničkih karakteristika legure AW 6063 od koje je izrađen vertikalni (primarni) element potkonstrukcije tipa TV/2 izvršeno je na uzorcima-eperuvetama (komada 3) čiji je oblik prikazan na slici 1.



Slika 1. Oblik aluminijumske epruvete

Kao što se vidi na datoj slici, reč je o tzv. "oslabljenoj" epruveti koja je dobijena isecanjem iz "L" profila tipa TV/2 dimenzija 45x75x3mm (videti prilog 1).

Rezultati sprovedenih ispitivanja prikazuju se u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati ispitivanja aluminijumskih uzoraka-epruveta

UZORAK - EPRUVETA	Sila loma (kN)	l_0 (mm)	l_1 (mm)	**Zatezna čvrstoća (MPa)**	**Prekidno izduženje (%)**
1	25,3	140	146,4	261,1	4,57
2	25,9	140	144,8	267,3	3,43
3	24,6	140	144,5	253,9	3,21
Srednje vrednosti:				**260,8**	**3,74**

f_z = 260,8 MPa

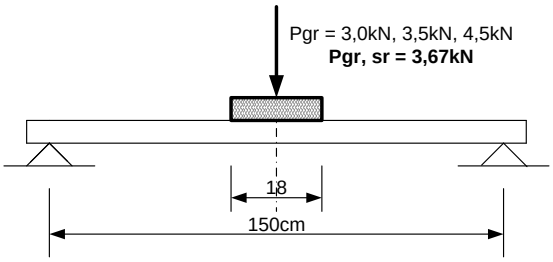
Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja sledi zaključak da ispitivani uzorci-epruvete u pogledu čvrstoće zadovoljavaju uslov za aluminijumsku leguru AW 6063 T6 (f_{02} = 21,50 kN/cm^2, E = 70.000 N/mm^2).

3. NOSIVOST VERTIKALNOG (PRIMARNOG) ELEMENTA POTKONSTRUKCIJE TIPA TV/2

Predmetni element TV/2 je oblika L profila sa dimenzijama datim u prilogu 1. Njegove geometrijske karakteristike su sledeće:

$I_x = 20,86 cm^4$
$I_z = 2,63 cm^4$
$W_x = 20,86/3,704 = 5,62 cm^3$
$W_y = 2,63/ 0,796 = 3,30 cm^3$

Dati element je ispitan saglasno dispoziciji prikazanoj na slici 2, pri čemu je ispitivanje sprovedeno na tri uzorka. Rezultati ispitivanja takođe su prikazani na navedenoj slici, i kao što se vidi, srednja vrednost ispitivanja, za slučaj savijanja oko ose x-x, je $P_{gr,sr}$ = 3,67 kN.



Slika 2. Ispitivanje elementa TV/2 na savijanje oko ose x-x

Uzimajući u obzir dobijenu silu $P_{gr,sr}$ = 3,67 kN, dobija se da je:

$$_{max}M_{gr,sr} = 1,50x3,67/4 = 1,376 \text{ kNm},$$

pa se na osnovu *Statičkog proračuna aluminijumske potkonstrukcije "Tabaš" za ventilisanu kamenu fasadu objekta spratne visine 4500.0 mm, kamen debljine 20.0 mm, visina ploča 800.0 mm*, potpisanog od strane Aleksandra Trajkovića, dipl.inž.građ. licenca broj 310 1127 03 (Beograd, decembar 2012. godine), za predmetni nosač u odnosu na momente savijanja dobija sledeći faktor sigurnosti za slučaj delovanja horizontalnog opterećenja od vetra:

$$n = 1,376/0,35 = 3,931.$$

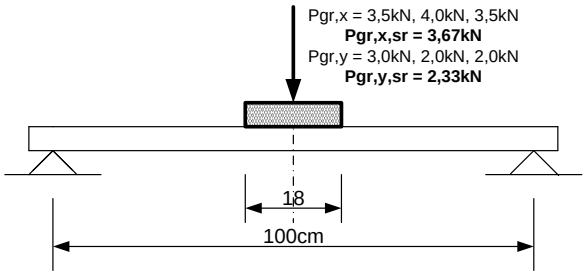
Pri ovome, računsko naprezanje u predmetnom nosaču od momenta $_{max}M_{gr,sr}$ = 1,376 kNm ima vrednost:

$$\sigma_{max} = 1376/5,62 = 244,8\text{MPa} \approx f_z.$$

4. NOSIVOST HORIZONTALNIH ELEMENATA POTKONSTRUKCIJE

4.1. Element TH1/2 (videti skicu datu u prilogu 1)

Ispitivanjem na dejstvo vertikalnog opterećenja (I_x = 11,409 cm^4, W_x = 11,409/3,512 = 3,25 cm^3) sprovedeno je saglasno slici 3, a što odgovara savijanju predmetnih elemenata-nosača oko težišnih osa X. Ispitivanje je sprovedeno na tri uzorka, pri čemu su rezultati ispitivanja takođe ispisani u okviru navedene slike.



Slika 3. Ispitivanje na dejstvo vertikalnog i horizontalnog opterećenja

Uzimajući u obzir dobijenu silu $P_{gr,x,sr}$ = 3,67 kN, dobija se da je

$$_{max}M_{gr,sr} = 1{,}00x3{,}67/4 = 0{,}918 \text{ kNm},$$

pa se na osnovu *Statičkog proračuna aluminijumske potkonstrukcije "Tabaš" ...* , potpisanog od strane Aleksandra Trajkovića, dipl.inž.građ., za predmetni nosač u odnosu na momente savijanja dobija sledeći faktor sigurnosti za slučaj delovanja vertikalnog opterećenja:

$$n = 0{,}918/0{,}060 = 15{,}30.$$

Pri ovome, naprezanje u predmetnom nosaču od momenta $_{max}M_{gr,sr}$ = 0,918 kNm ima vrednost:

$$\sigma_{max} = 918/3{,}25 = 282{,}5\text{MPa} \approx f_z.$$

Pri predmetnom ispitivanju na jednom od nosača sprovedeno je i merenje deformacija-ugiba u sredini raspona - ispod koncentrisane sile P. Tom prilikom dobijen je dijagram *sila-ugib* prikazan u prilogu 2-A.

Ispitivanjem na dejstvo horizontalnog opterećenja (I_y = 1,754 cm^4, W_y = 1,754/2,017 = 0,870 cm^3) sprovedeno je saglasno slici 3, a što odgovara savijanju predmetnih elemenata-nosača oko težišnih osa Y. Ispitivanje je sprovedeno na tri uzorka, pri čemu su rezultati ispitivanja takođe ispisani u okviru navedene slike.

Uzimajući u obzir dobijenu silu $P_{gr,y,sr}$ = 2,33 kN, dobija se da je

$$_{max}M_{gr,sr} = 1{,}00x2{,}33/4 = 0{,}582\text{kNm},$$

pa se na osnovu *Statičkog proračuna aluminijumske potkonstrukcije "Tabaš"... ,* potpisanog od strane Aleksandra Trajkovića, dipl.inž.građ., za predmetni nosač u odnosu na momente savijanja dobija sledeći faktor sigurnosti za slučaj delovanja horizontalnog opterećenja:

$$n = 0{,}582/0{,}125 = 4{,}66.$$

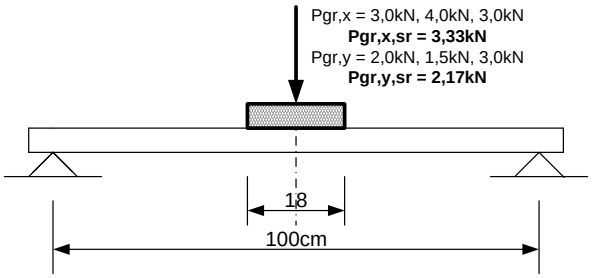
Pri ovome naprezanje u predmetnom nosaču od momenta $_{max}M_{gr,sr}$ = 0,582 kNm ima vrednost:

$$\sigma_{max} = 582/0{,}870 = 669 \text{ MPa} > f_z \text{ (dolazi do plastifikacije u preseku!)}$$

Pri predmetnom ispitivanju na jednom od nosača sprovedeno je i merenje deformacija-ugiba u sredini raspona - ispod koncentrisane sile P. Tom prilikom dobijen je dijagram *sila-ugib* prikazan u prilogu 2-B.

4.2. Element TH2/2 (videti skicu datu u prilogu 1)

Ispitivanjem na dejstvo vertikalnog opterećenja (I_x = 9,07 cm^4, W_x = 9,07/3,32 = 2,73 cm^3) sprovedeno je saglasno slici 4, a što odgovara savijanju predmetnih elemenata-nosača oko težišnih osa X. Ispitivanje je sprovedeno na tri uzorka, pri čemu su rezultati ispitivanja takođe ispisani u okviru navedene slike.



Slika 4. Ispitivanje na dejstvo vertikalnog i horizontalnog opterećenja

Uzimajući u obzir dobijenu silu $P_{gr,x,sr}$ = 3,33 kN, dobija se da je

$$_{max}M_{gr,sr} = 1,00x3,33/4 = 0,832kNm,$$

pa se na osnovu *Statičkog proračuna aluminijumske potkonstrukcije "Tabaš"...* potpisanog od strane Aleksandra Trajkovića, dipl.inž.građ., za predmetni nosač u odnosu na momente savijanja dobija sledeći faktor sigurnosti za slučaj delovanja vertikalnog opterećenja:

$$n = 0,832/0,060 = 13,87.$$

Pri ovome naprezanje u predmetnom nosaču od momenta $_{max}M_{gr,sr}$ = 0,832 kNm ima vrednost

$$\sigma_{max} = 832/2,73 = 304,8 \text{ MPa} \approx f_z \text{ (približno stanje početka plastifikacije u preseku!)}$$

Pri predmetnom ispitivanju na jednom od nosača sprovedeno je i merenje deformacija-ugiba u sredini raspona - ispod koncentrisane sile P. Tom prilikom dobijen je dijagram *sila-ugib* prikazan u prilogu 3-A.

.

Ispitivanjem na dejstvo horizontalnog opterećenja (I_y = 1,37 cm^4, W_y = 1,37/2,15 = 0,640 cm^3) sprovedeno je saglasno slici 4, a što odgovara savijanju predmetnih elemenata-nosača oko težišnih osa Y. Ispitivanje je sprovedeno na tri uzorka, pri čemu su rezultati ispitivanja takođe ispisani u okviru navedene slike.

Uzimajući u obzir dobijenu silu $P_{gr,y,sr}$ = 2,17 kN, dobija se da je

$$_{max}M_{gr,sr} = 1,00x2,17/4 = 0,542 \text{ kNm},$$

pa se na osnovu *Statičkog proračuna aluminijumske potkonstrukcije "Tabaš" ...* potpisanog od strane Aleksandra Trajkovića, dipl.inž.građ., za predmetni nosač u odnosu na momente savijanja dobija se sledeći faktor sigurnosti za slučaj delovanja horizontalnog opterećenja:

$$n = 0,542/0,125 = 4,34.$$

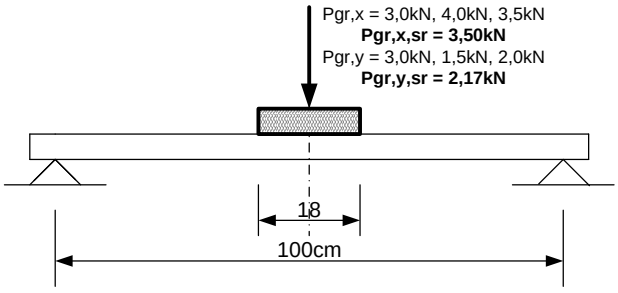
Pri ovome naprezanje u predmetnom nosaču od momenta $_{max}M_{gr,sr} = 0,542$ kNm ima vrednost

$$\sigma_{max} = 542/0,640 = 847 \text{ MPa} > f_z \text{ (dolazi do plastifikacije u preseku!).}$$

Pri predmetnom ispitivanju na jednom od nosača sprovedeno je i merenje deformacija-ugiba u sredini raspona - ispod koncentrisane sile P. Tom prilikom dobijen je dijagram *sila-ugib* prikazan u prilogu 3-B.

4.3. Element TH3/2 (videti skicu datu u prilogu 1)

Ispitivanjem na dejstvo vertikalnog opterećenja ($I_x = 9,07$ cm^4, $W_x = 9,07/3,32 = 2,73$ cm^3) sprovedeno je saglasno slici 5, a što odgovara savijanju predmetnih elemenata-nosača oko težišnih osa X. Ispitivanje je sprovedeno na tri uzorka, pri čemu su rezultati ispitivanja takođe ispisani u okviru navedene slike.



Slika 5. Ispitivanje na dejstvo vertikalnog i horizontalnog opterećenja

Uzimajući u obzir dobijenu silu $P_{gr,x,sr} = 3,50$ kN, dobija se da je

$$_{max}M_{gr,sr} = 1,00x3,50/4 = 0,875 \text{ kNm},$$

pa se na osnovu *Statičkog proračuna aluminijumske potkonstrukcije "Tabaš" za ventilisanu kamenu fasadu objekta spratne visine 4500.0 mm, kamen debljine 20.0 mm, visina ploča 800.0 mm*, potpisanog od strane Aleksandra Trajkovića, dipl.inž.građ. licenca broj 310 1127 03 (proračun: Beograd, decembar 2012. godine), za predmetni nosač dobija sledeći faktor sigurnosti za slučaj delovanja vertikalnog opterećenja:

$$n = 0,875/0,060 = 14,58.$$

Pri ovome naprezanje u predmetnom nosaču od momenta $_{max}M_{gr,sr} = 0,875$ kNm ima vrednost:

σ_{max} = 875/2,73 = 320,5 MPa ≈ f_z (približno stanje početka plastifikacije u preseku!)

Pri predmetnom ispitivanju na jednom od nosača sprovedeno je i merenje deformacija-ugiba u sredini raspona - ispod koncentrisane sile P. Tom prilikom dobijen je dijagram *sila-ugib* prikazan u prilogu 4-A.

.

Ispitivanjem na dejstvo horizontalnog opterećenja (I_y = 1,37 cm^4, W_y = 1,37/2,15 = 0,640 cm^3) sprovedeno je saglasno slici 5, a što odgovara savijanju predmetnih elemenata-nosača oko težišnih osa Y. Ispitivanje je sprovedeno na tri uzorka, pri čemu su rezultati ispitivanja takođe ispisani u okviru navedene slike.

Uzimajući u obzir dobijenu silu $P_{gr,y,sr}$ = 2,17 kN, dobija se da je

$$_{max}M_{gr,sr} = 1{,}00x2{,}17/4 = 0{,}542 \text{ kNm},$$

pa se na osnovu *Statičkog proračuna aluminijumske potkonstrukcije "Tabaš" za ventilisanu kamenu fasadu objekta spratne visine 4500.0 mm, kamen debljine 20.0 mm, visina ploča 800.0 mm*, potpisanog od strane Aleksandra Trajkovića, dipl.inž.građ. licenca broj 310 1127 03 (Beograd, decembar 2012. godine), za predmetni nosač dobija sledeći faktor sigurnosti za slučaj delovanja horizontalnog opterećenja:

$$n = 0{,}542/0{,}125 = 4{,}34.$$

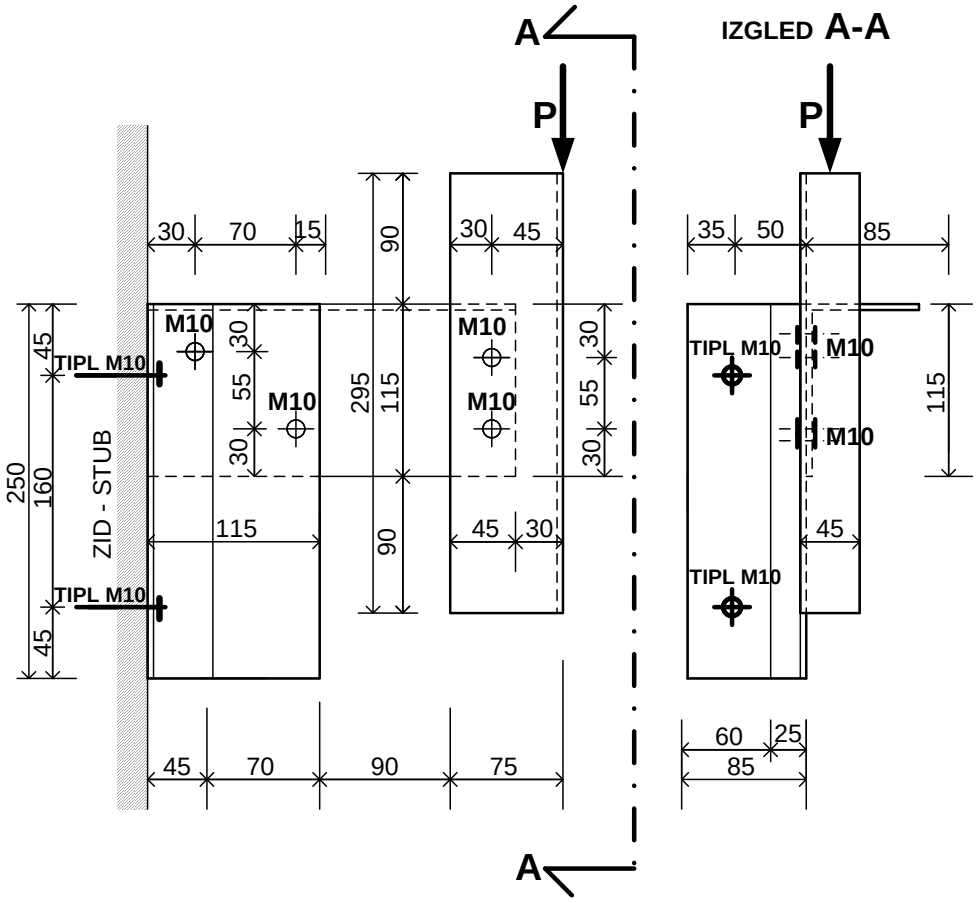
Pri ovome naprezanje u predmetnom nosaču od momenta $_{max}M_{gr,sr}$ = 0,542 kNm ima vrednost

σ_{max} = 542/0,640 = 847 MPa > f_z (dolazi do plastifikacije u preseku!).

Pri predmetnom ispitivanju na jednom od nosača sprovedeno je i merenje deformacija-ugiba u sredini raspona - ispod koncentrisane sile P. Tom prilikom dobijen je dijagram *sila-ugib* prikazan u prilogu 4-B.

5. ISPITIVANJE SKLOPA (SPOJA) DVA NOSAČA TIPA TAp POD UGLOM OD 90^o

Na slici 6 prikazan je detalj sklopa (spoja) dva nosača tipa TAp pod uglom od 90^o. Radi se o spoju vertikalnog (primarnog) elementa potkonstrukcije koji se putem sistema "kratkih" elemenata, zavrtnjeva i tiplova povezuje sa konstrukcijom objekta, odnosno sa zidovima ili stubovima u sklopu objekta. Predmetni sklop (spoj) je, dakle, izložen delovanju sile P koja u realnosti predstavlja vertikalno opterećenje od fasadne obloge - kamenih ploča.



Slika 6. Detalj spoja dva nosača tipa TAp pod uglom od 90^o

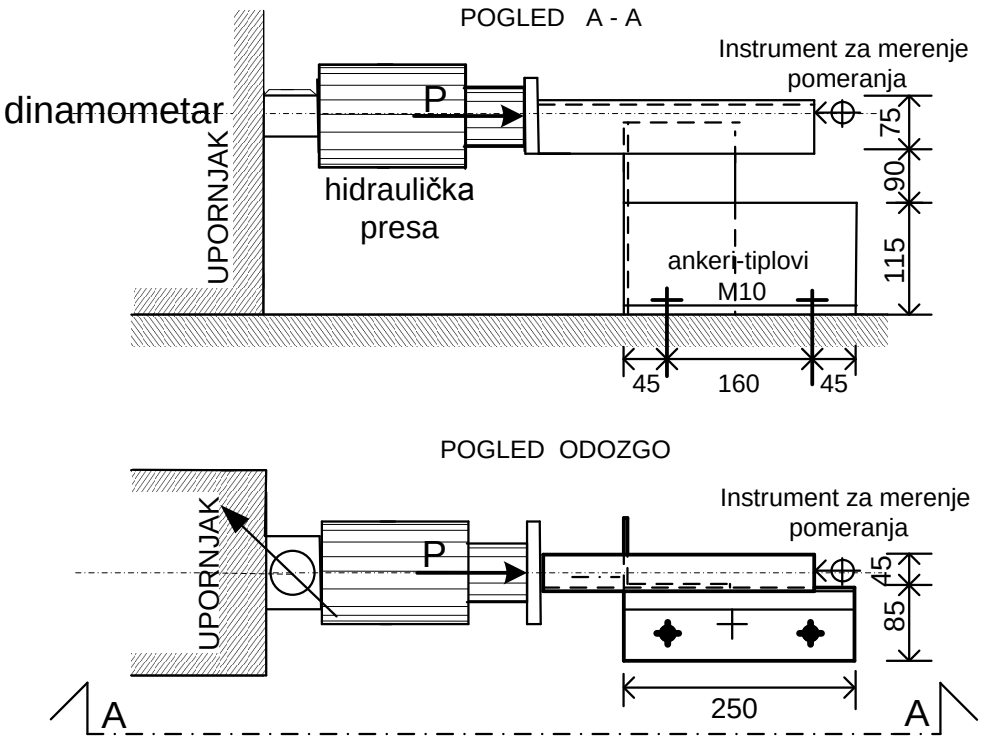
Prema računskoj analizi prikazanoj u *Statičkom proračunu aluminijumske potkonstrukcije "Tabaš" za ventilisanu kamenu fasadu objekta spratne visine 4500.0 mm, kamen debljine 20.0 mm, visina ploča 800.0 mm*, potpisanom od strane Aleksandra Trajkovića, dipl.inž.građ., licenca broj 310 1127 03 (Beograd, decembar 2012. godine), sila P koja deluje na predmetni spoj ima intenzitet od 2,70 kN, dok je njeno maksimalno udaljenje od površine zida - stuba 33 cm. Pod takvim uslovima sila zatezanja u jednom ankeru-tiplu je:

$$Z = 0{,}33x2{,}70/0{,}16 = 5{,}57 \text{ kN}.$$

Kako se, prema napred navedenom statičkom proračunu, u konkretnom slučaju primenjuju ankeri-tiplovi proizvođača *Fischer* prečnika 10 mm, to je dobijena sila Z manja od dozvoljene vrednosti 7,60 kN koja je definisana u katalogu proizvođača.

Ukoliko se pretpostavi da dobijena sila Z odgovara sili P na rastojanju cca 280 mm = 28cm (videti sliku 6), ta sila će imati sledeću vrednost:

$$5{,}57 = 0{,}28xP/016 \quad \rightarrow \quad P = 5{,}57x0{,}16/0{,}28 = 3{,}18 \text{ kN}.$$



Slika 7. Dispozicija ispitivanja

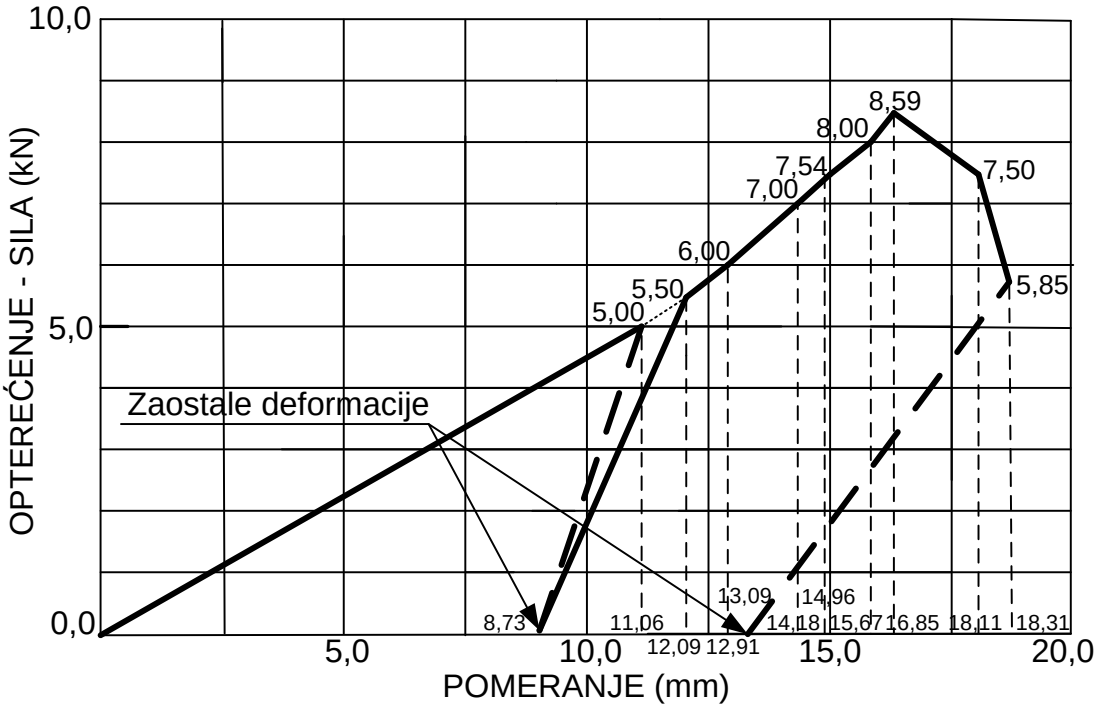
Ukoliko se, pak u obzir uzme dozvoljena vrednost sile zatezanja u ankeru-tiplu od 7,60 kN, odgovarajuća sila P biće:

$$7{,}60 = 0{,}28 \times P/016 \quad \rightarrow \quad P = 7{,}60 \times 0{,}16/0{,}28 = 4{,}34 \text{ kN}.$$

Nosivost predmetnog sklopa (spoja) dva nosača proverena je i eksperimentalno, pri čemu su u obzir uzete sve vrednosti sile P koje su do sada prikazane, a to su vrednosti P = 2,70 kN, P = 3,18 kN i P = 4,34 kN.

Predmetno ispitivanje je sprovedeno saglasno dispoziciji prikazanoj na slici 7, dok su rezultati tog ispitivanja prikazani na slici 8.

Ovde se napominje da brojne vrednosti date u okviru dijagrama prikazanog na slici 8 predstavljaju srednje vrednosti rezultata dva identična ispitivanja. Takođe se ističe da do otkaza uzoraka na kojima su vršena ispitivanja nije dolazilo usled dostizanja veličina graničnih napona u elementima uzoraka, uključujući tu i ankere-tiplove, već usled elastične nestabilnosti horizontalnog "L" elementa (u stvarnosti je to vertikalni L profil oznake TV/2 dimenzija 75x45x3mm) preko koga je sila P "unošena" u uzorak.



Slika 8. Rezultati ispitivanja

Ako se uzme da je pri sprovedenom ispitivanju pre otkaza uzorka dobijena maksimalna sila veličine 8,59 kN (sl. 8), onda se dobijaju sledeći faktori sigurnosti:

- prema sili od 2,70kN → f_s = 8,59/2,70 = 3,18;
- prema sili od 3,18kN → f_s = 8,59/3,18 = 2,70;
- prema sili od 4,34kN → f_s = 8,59/4,34 = 1,98.

6. ZAKLJUČAK

Analizom rezultata sprovedenih ispitivanja dolazi se do sledećih zaključaka:

- ispitivanje materijala - legure aluminijuma AW 6063 T6, od koje je izrađen vertikalni (primarni) element potkonstrukcije TV/2, pokazalo je da predmetna legura ima poboljšane osnovne fizičko-mehaničke karakteristike u odnosu na ranije ispitivanu leguru oznake AA 6063;

- s obzirom na rezultate ispitivanja nosivosti elemenata potkonstrukcije TV/2, TH1/2, TH2/2 i TH3/2, koji su u svim slučajevima upoređivani sa odgovarajućim brojnim vrednostima datim u *Statičkom proračunu aluminijumske potkonstrukcije "Tabaš" za ventilisanu kamenu fasadu objekta spratne visine 4500.0 mm, kamen debljine 20.0 mm, visina ploča 800.0 mm,* potpisanom od strane Aleksandra Trajkovića, dipl.inž.građ., licenca broj 310 1127 03 (proračun, Beograd, decembar 2012. godine), proizilazi da su u svim slučajevima eksperimentalnih ispitivanja dobijeni vrlo visoki faktori sigurnosti na lom elemenata;

- rezultati ispitivanja sklopa (spoja) dva nosača tipa TAp pod uglom od 90^o, koji su takođe upoređeni sa odgovarajućim rezultatima datim u napred navedenom *Statičkom proračunu*

aluminijumske potkonstrukcije "Tabaš"... , pokazali su da se, zavisno od usvojene referentne nosivosti, faktori sigurnosti predmetnog spoja kreću između 2 i 3, pri čemu najniža vrednost cca 2,0 odgovara teorijskom slučaju "čupanja" primenjenog ankera-tipla, što u praksi nije moguće; naime, primenjeni ankeri-tiplovi prevashodno "rade" na smicanje.

- umesto horizontalnog TAp nosača u vezi pod pod uglom od 90^o prikazanog na slici 6, može se primeniti i L profil oznake TV dimenzija 70x50x4mm, ukrućen dodatnim ‘’kosnikom’’ od TV profila – saglasno odgovarajućem crtežu datom u dokumentaciji sistema "Tabaš"; ovo rešenje se može koristiti u slučaju udaljenja lica kamena od konstrukcije objekta od 320 mm, a za spratne visine od 4500 mm.

Uzimajući u obzir sve napred navedeno, kao i prethodni Izveštaj br. 35/2010 od maja 2010, koji je takođe urađen od strane potpisnika predmetnog izveštaja, proizilazi nekoliko osnovnih zaključaka vezanih za praktičnu primenu sistema potkonstrukcije TABAŠ:

- U okviru završne fasadne obloge od kamena sa profilima oznaka TH1/2; TH2/2; TH3/2 i TV/2 mogu se koristiti kamene ploče debljine d=2cm, visine do 80cm, a uz poseban proračun i do 100cm, kao i ploče d=3cm visine do 60cm. Vertikalni profili se fiksiraju sa dva zavrtnja M8 za primarni nosač, a navedeni horizontalni nosači sa po jednim zavrtnjem M6 za vertikalu. Kod zavrtnjeva se uvek koriste po jedna elastična i jedna ravna podloška. Za ankerisanje u beton se koriste po dva komada ankera – tipla Ø8mm (A4 kvaliteta), a za udaljenja lica kamena od 25cm, na spratnoj visini od 4,5m.
- Vertikalni L profili 75x45x3mm postavljaju se na međusobnom udaljenju od 100cm, a pridržavaju se sekundarnim nosačima na rastojanju od 150cm. I ovo se odnosi na spratne visine do 4,5m.
- Navedena rastojanja važe za slučaj horizontalnog opterećenja od vetra brzine 100km/čas.

S obzirom na sve napred rečeno, odnosno na rezultate sprovedenih eksperimentalnih ispitivanja i izvršenih računskih analiza, proizilazi konačan zaključak da ventilisana kamena fasada sistema TABAŠ, sa novim elementima aluminijumske potkonstrukcije, u odnosu na naponsko-deformaciona stanja elemenata i veza, sa visokim koeficijentima sigurnosti može da bude primenjena u praksi. Pri tome, logično, njena primena mora u svemu da bude saglasna sa tehničkim uslovima koji su u dokumentaciji sistema definisani od strane nosioca sistema.

Izveštaj sastavili:

Prof. dr Mihailo Muravljov, dipl.građ.inž.

Doc. dr Dimitrije Zakić, dipl.građ.inž.

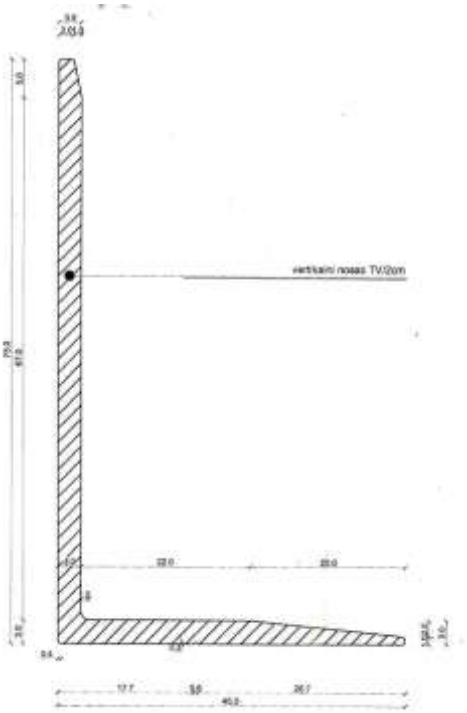
- KRAJ IZVEŠTAJA –

Prilog: 4 (četiri) grafička priloga + fotodokumentacija

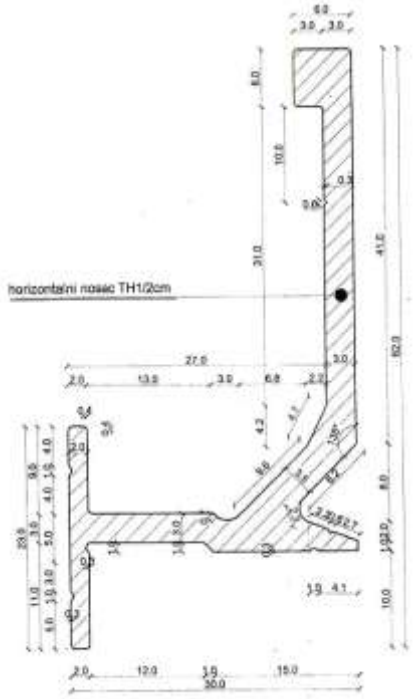
Izveštaj se može umnožavati samo u celosti, a pojedini delovi izveštaja samo uz odobrenje Laboratorije za materijale Instituta za materijale i konstrukcije Građevinskog fakulteta.

PRILOG

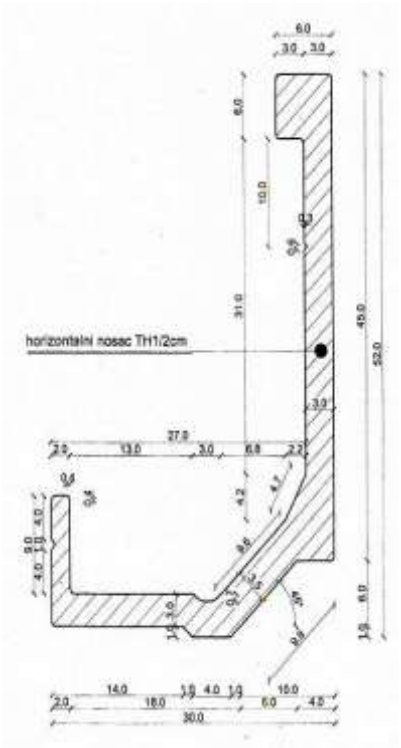
TV/2



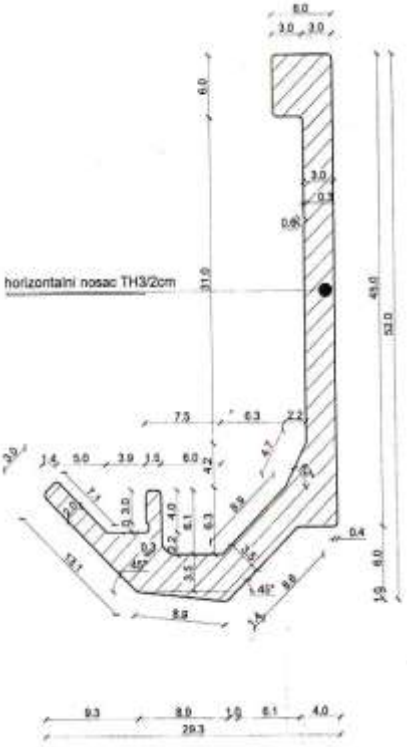
TH1/2



TH2/2

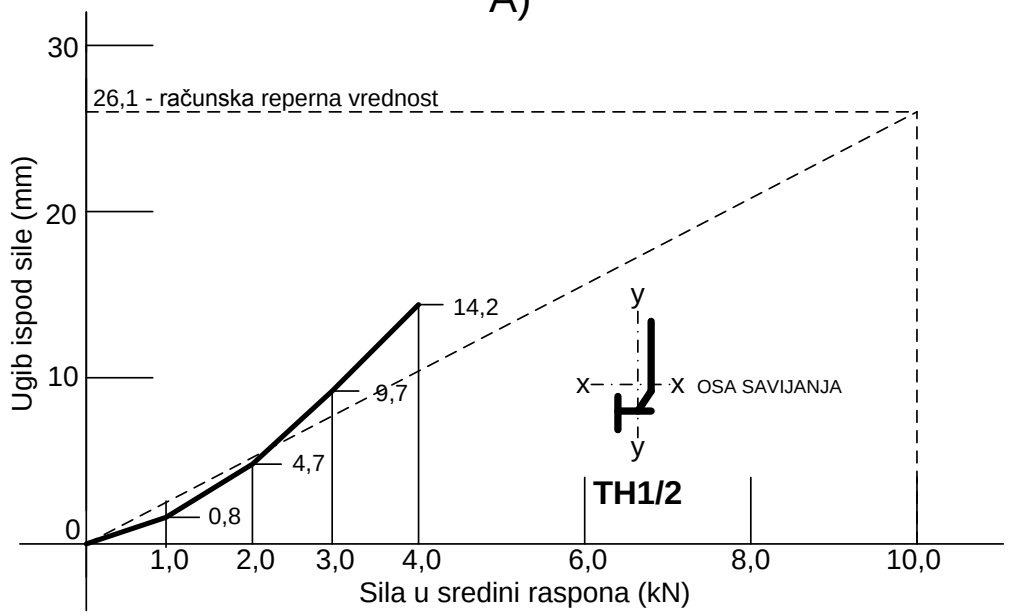


TH3/2

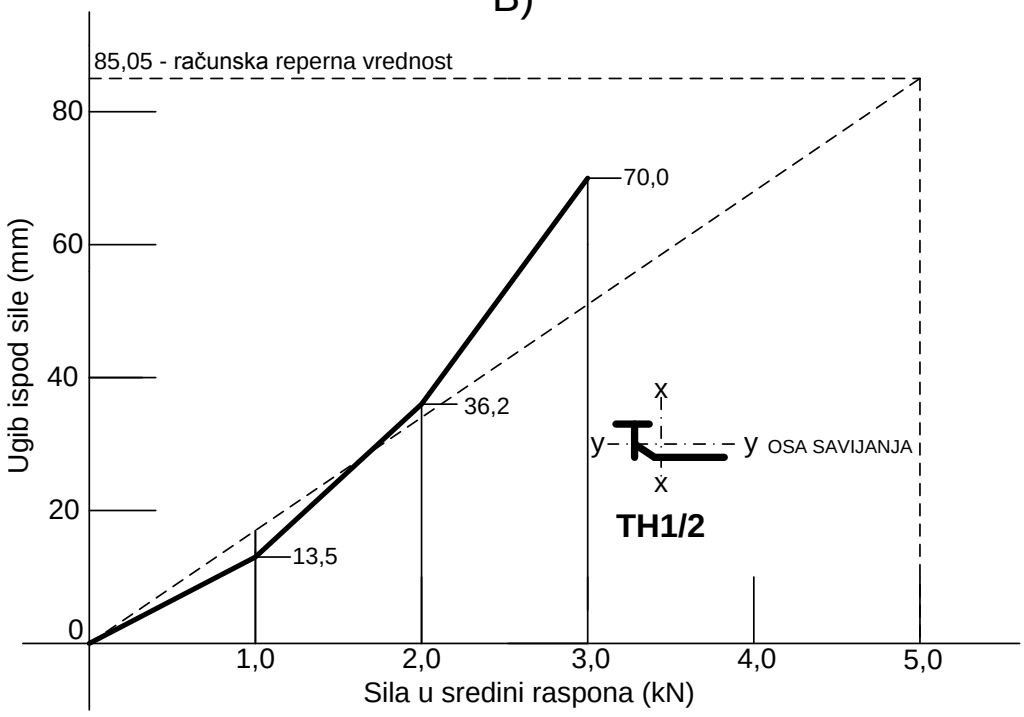


PRILOG 1

A)

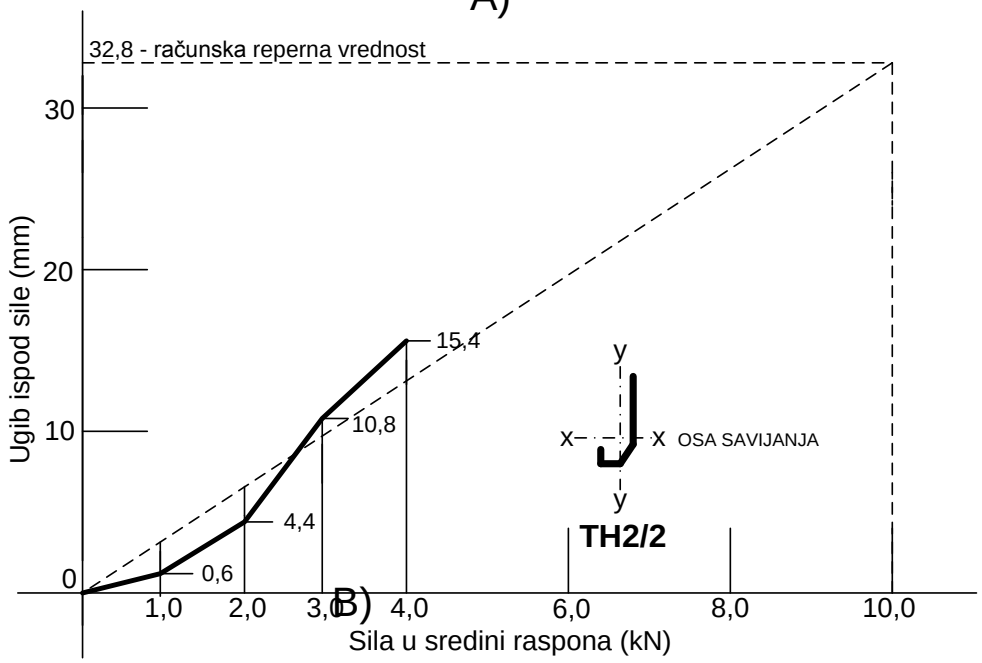

30
20
10
0
26,1 - računska reperna vrednost
Ugib ispod sile (mm)
14,2
9,7
4,7
0,8
y
x
x
OSA SAVIJANJA
y
TH1/2
1,0
2,0
3,0
4,0
6,0
8,0
10,0
Sila u sredini raspona (kN)

B)


80
60
40
20
0
85,05 - računska reperna vrednost
Ugib ispod sile (mm)
70,0
36,2
13,5
x
y
y
OSA SAVIJANJA
x
TH1/2
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
Sila u sredini raspona (kN)

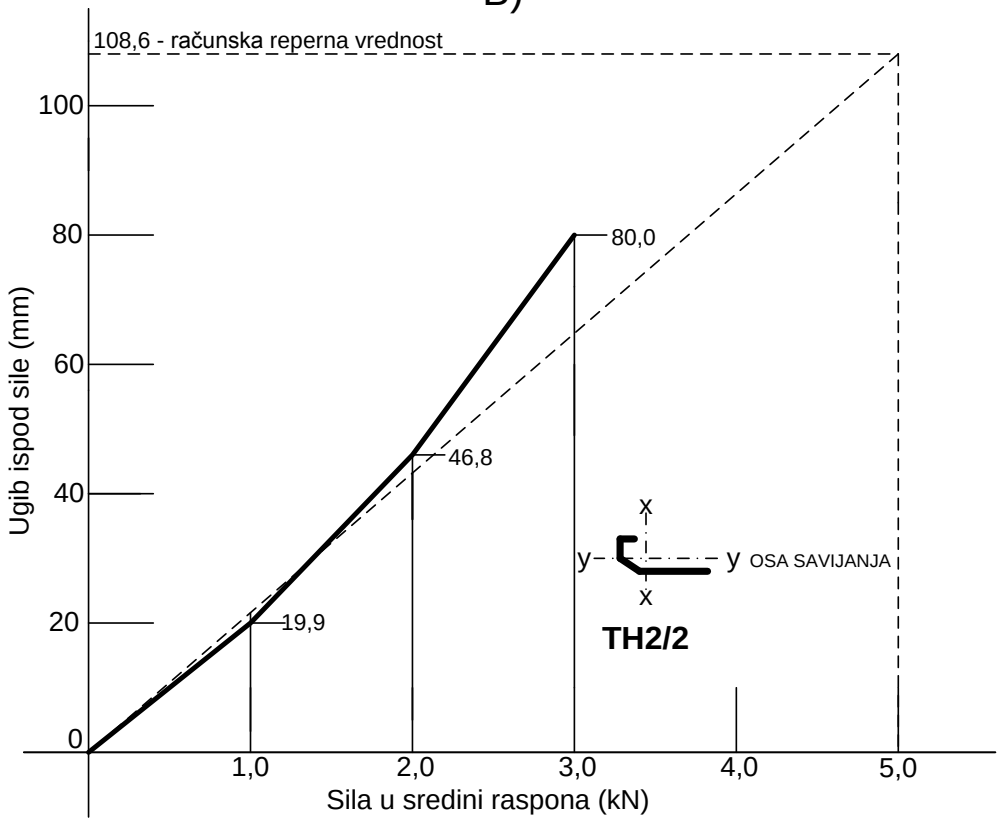
PRILOG 2

A)


32,8 - računska reperna vrednost
30
20
10
0
Ugib ispod sile (mm)
15,4
10,8
4,4
0,6
y
x
x
OSA SAVIJANJA
y
TH2/2
1,0
2,0
3,0
4,0
6,0
8,0
10,0
Sila u sredini raspona (kN)

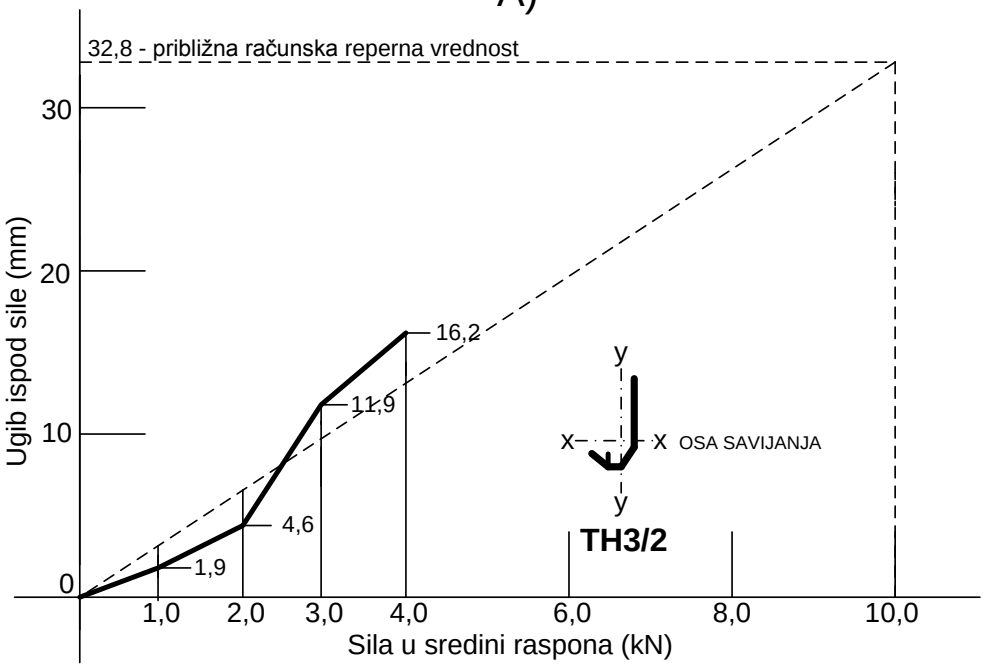
B)

B)

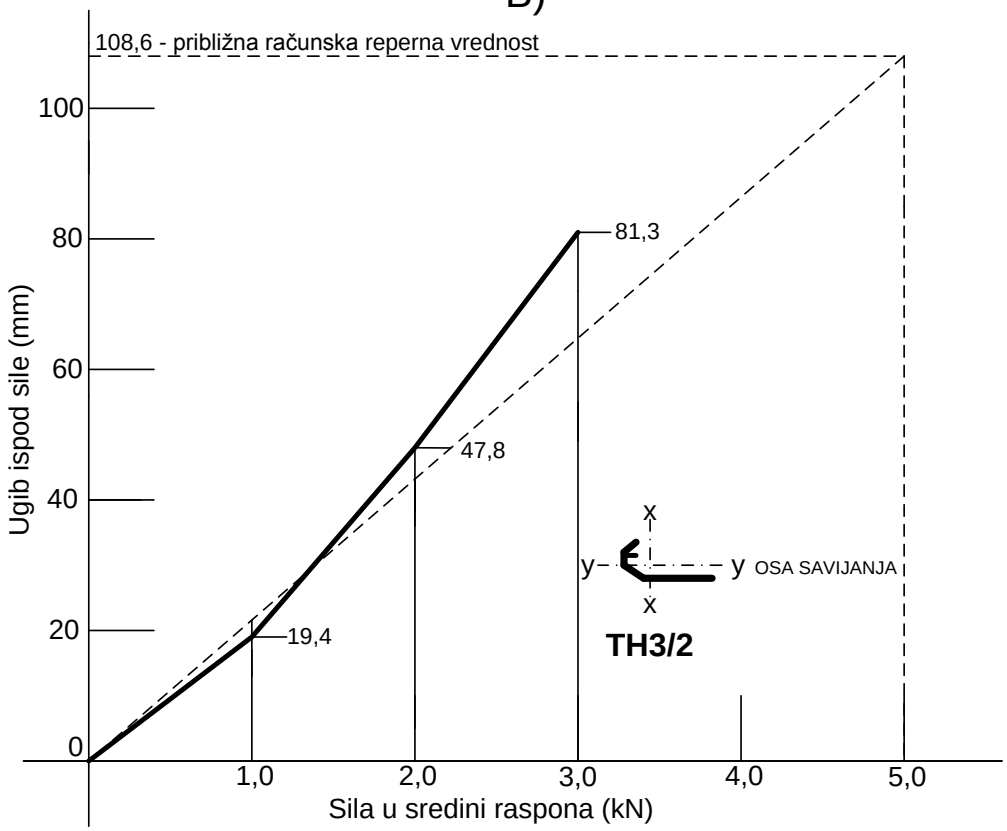

108,6 - računska reperna vrednost
100
80
60
40
20
0
Ugib ispod sile (mm)
80,0
46,8
19,9
x
y
y
OSA SAVIJANJA
x
TH2/2
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
Sila u sredini raspona (kN)

PRILOG 3

A)


32,8 - približna računska reperna vrednost
30
20
10
0
Ugib ispod sile (mm)
16,2
11,9
4,6
1,9
y
x
x
OSA SAVIJANJA
y
TH3/2
1,0
2,0
3,0
4,0
6,0
8,0
10,0
Sila u sredini raspona (kN)

B)

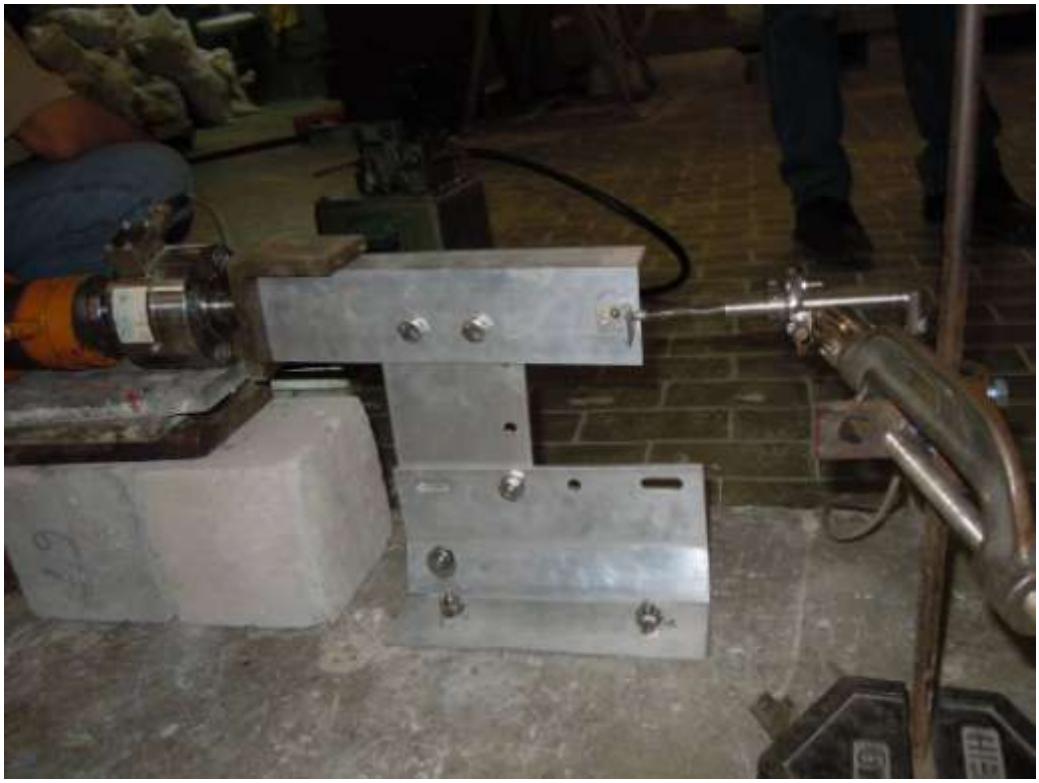

108,6 - približna računska reperna vrednost
100
80
60
40
20
0
Ugib ispod sile (mm)
81,3
47,8
19,4
x
y
y
OSA SAVIJANJA
x
TH3/2
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
Sila u sredini raspona (kN)

PRILOG 4

PRILOG 5: FOTODOKUMENTACIJA

Slika 1. Ispitivanje nosivosti horizontalnih (sekundarnih) elemenata potkonstrukcije

Slika 2. Merenje ugiba u sredini raspona



Slika 3. Ispitivanje sklopa (spoja) dva nosača tipa TAp pod uglom od 90^{o}

Slika 4. Ispitivanje dva nosača tipa TAp pod uglom od 90^{o} (pogled odozgo)